



**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Иркутский государственный университет»**  
**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**  
Факультет (институт) физический  
Кафедра радиоп физики и радиоэлектроники

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине **Б1. В. ДВ.1.1 Волны в неоднородных средах**

направление подготовки 03.04.03 «Радиофизика»

направленность подготовки (профиль) «Информационные процессы и системы»

Иркутск, 2016

Разработан в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.03 от 28 ноября 2014 г. N 1417

с учетом требований проф. стандарта: Научный работник (научная (научно-исследовательская) деятельность).

Одобен  
УМК физического факультета  
Протокол №3 от 28.06.2016

Председатель УМК *декан, д.ф.м.н., проф.*  Буднев Н.М.  
ФИО, должность, ученая степень, звание подпись

Разработчик Тинин М.В. проф., д.ф.-м.н., проф.  
ФИО, должность, ученая степень, звание

  
подпись

Декан, д.ф.-м.н., профессор  
ФИО, должность, ученая степень, звание

 Буднев Н.М.  
подпись

**ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по учебной дисциплине по дисциплине  
**Б1. В. ДВ.1.1 Волны в неоднородных средах**

направление подготовки 03.04.03 «Радиофизика», направленность  
подготовки (профиль) «Информационные процессы и системы»

**1. Компетенции (дескрипторы компетенций), формируемые в процессе изучения дисциплины (курс 1 семестр 1):**

Индекс и наименование компетенции (в соответствии с ФГОС ВО)	Признаки проявления компетенции/ дескриптора (ов) в соответствии с уровнем формирования в процессе освоения дисциплины
ПК-1 способностью использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики	<b>Уметь:</b> (У-2) использовать новые результаты теории распространения радиоволн; <b>Владеть:</b> (В-2) навыками постановки и решения задач распространения волн в неоднородных средах.
ОПК-3 способностью к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач.	<b>Знать:</b> (З-1) методы расчета неоднородных трасс, их ошибки и области применимости; (З-2) основы теории распространения радиоволн в неоднородных средах. <b>Уметь:</b> (У-1) использовать модели сигнала в неоднородных средах. <b>Владеть:</b> (В-1) методами расчета характеристик волн в неоднородных средах.

**2. В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

**Знать:** методы расчета неоднородных трасс, их ошибки и области применимости.

**Уметь:** использовать новые результаты теории распространения радиоволн; использовать модели сигнала в неоднородных средах.

**Владеть:** навыками постановки и решения задач распространения волн в неоднородных средах; методами расчета характеристик волн в неоднородных средах.

### 3. Программа оценивания контролируемой компетенции:

Тема или раздел дисциплины	Формируемый признак компетенции	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Р1. Введение. Распространение волн в однородной среде.	Знать уравнения Максвелла. Уметь вычислять спектры сигналов. Знать вывод волнового уравнения, уметь его использовать. Знать вывод уравнения Гельмгольца. Знать математическую запись для сферической и плоской волны. Владеть методом стационарной фазы при решении волновых задач. Умеет описывать радиосигнал в однородной среде. Знает разновидности постановок задач при распространении радиоволн в неоднородной среде.	Знает физическую суть уравнений Максвелла, может их записать и пояснить физическую суть каждого уравнения. Умеет вычислять спектры радиосигналов, знает свойства этих спектров. Знает методику вывода волновых уравнений, умеет его использовать для решения волновых задач. Знает и умеет использовать математические модели сферической и плоской ЭМВ. Владеет методом стационарной фазы для решения волновых задач, знает границы применимости этого метода. Умеет использовать математический аппарат для описания распространения сигнала в однородной среде. Знает особенности постановки задачи для описания распространения радиоволны в неоднородных средах.	Табл.1, табл.2, табл.3	ПК, УК	Зач
Р2. Однократное рассеяние волн в неоднородных средах	Знать применимость борновского приближения в волновых задачах. Знать описание	Показывает знания борновского приближения для описания рассеяния радиоволн. Формулирует задачу однократного рассеяния, знает ее	Табл.1, табл.2, табл.3	ПК, УК	

	<p>волны при однократном рассеянии. Уметь рассчитывать характеристики поля в случайно-неоднородной среде. Владеть методами расчета радиоволн рассеянными на метеорном следе, вытянутой неоднородности.</p>	<p>отличие от многократного рассеяния. Может привести примеры однократного рассеяния. Владеет навыками постановки и решения задачи рассеяния радиоволн на вытянутой неоднородности, метеорном следе, сплюснутой неоднородности, случайно-неоднородном следе. Знает особенности и владеет методикой вычисления средней интенсивности и статистических характеристик поля волны.</p>			
<p>Р3. Геометрооптическое приближение в теории распространения волн в неоднородных средах</p>	<p>Уметь решать трехмерное волновое уравнение методом геометрической оптики. Уметь решать уравнение эйконала методом характеристик. Знать границы применимости геометрической оптики. Владеть теорией возмущения для решения уравнений эйконала. Уметь использовать метод возмущения в траекторных задачах.</p>	<p>Показывает умение использования математического аппарата для вывода уравнений геометрической оптики. Умеет использовать метод характеристик для решения уравнения эйконала. Знает и умеет определять границы применимости метода геометрической оптики при решении волновых задач. Знает условие применимости теории возмущений и умеет ее использовать при решении уравнения эйконала и траекторных уравнений.</p>	<p>Табл.1, табл.2, табл.3</p>	<p>ПК, УК</p>	
<p>Р4. Применение приближения</p>	<p>Знает статистические</p>	<p>Знает способы вычисления</p>	<p>Табл.1, табл.2,</p>	<p>ПК, УК</p>	<p>Экз</p>

<p>геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде</p>	<p>характеристики волны в случайно-неоднородной среде. Умеет вычислять пространственные, частотные, временные функции корреляции. Умеет применять приближение ГО для исследования влияния ионосферы на точность ГНСС.</p>	<p>статистических характеристик радиоволны в случайно-неоднородной среде. Демонстрирует умение применять метод ГО для вычисления ошибок ГНСС в двухчастотном режиме в первом приближении. Демонстрирует умение применять метод ГО для вычисления ошибок ГНСС во втором приближении. Знает и умеет вычислять статистические характеристики ионосферных остаточных ошибок в двухчастотном режиме.</p>	<p>табл.3</p>		
<p>Р5. Метод плавных возмущений</p>	<p>Знает методы решения параболического уравнения. Умеет анализировать связь решения МПВ и ГО и теории однократного рассеяния. Владеет методикой вычисления статистических характеристик волны при слабых флуктуациях интенсивности.</p>	<p>Показывает знание методов решения параболического уравнения. Умеет использовать метод возмущений для решения параболического уравнения. Умеет проводить анализ результатов МПВ, ГО и теории однократного рассеяния. Владеет методикой вычисления ионосферной остаточной ошибки для ГНСС с учетом дифракционных эффектов. Знает возможности многочастотных ГНСС при устранении ионосферных ошибок.</p>	<p>Табл.1, табл.2, табл.3</p>	<p>ПК, УК</p>	

ПК – письменный контроль, УК – устный контроль, Зач – зачет, Экз – экзамен.

## **Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация в первом семестре проводится в форме зачета (см. перечень вопросов к зачету в приложении 1), во втором семестре – в форме экзамена (см. перечень вопросов к экзамену в приложении 2).

К **зачету** допускается студент, выполнивший все виды промежуточного контроля на положительную оценку.

Зачет проводится во время зачетной недели, в часы КСР (в письменном виде).

К теоретическому **экзамену** допускается студент, выполнивший все виды текущего контроля на положительную оценку.

Форма проведения экзамена – устный по билетам / письменный по билетам. Экзамены проводятся во время экзаменационных сессий в соответствии с расписанием. При проведении экзаменов в аудиториях студенты рассаживаются по 1 человеку на 1 парту.

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов. Экзаменационные задания (билеты) для приема экзаменов выполнены многовариантными, чтобы исключить возможность списывания и обмена информацией в ходе экзамена. Вопросы для самостоятельной подготовки студентов к экзамену приведены в приложении 2.

Показатели и критерии выставления оценки за ответ на теоретические вопросы на зачете и экзамене приведены в таблице 1.

Стоит отметить, что при получении оценки «неудовлетворительно» хотя бы по одному критерию, студент считается не сдавшим экзамен по дисциплине и направляется на повторную сдачу экзамена.

Итоговая оценка вычисляется на основании суммирования баллов по каждому критерию. Зачет получает студент, набравший суммарно 12 и более баллов. На экзамене оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему 20 – 25 баллов, «хорошо» выставляется студенту, набравшему 16 – 19 баллов, «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему 12 – 15 баллов.

### **Приложение 1. Примерный перечень вопросов к зачету**

1. Борновское приближение в волновой задаче.
2. Рассеяние на вытянутой неоднородности.
3. Рассеяние на метеорном следе.
4. Рассеяние на сплюснутой неоднородности.
5. Рассеяние в случайно неоднородной среде. Слоистые среды.
6. Одномерная геометрическая оптика (приближение ВКБ).
7. Нормальное падение плоской волны на плоскостойкую среду.
8. Наклонное падение плоской волны на плоский слой.
9. Решение трехмерного волнового уравнения методом геометрической оптики.
10. Многолучевость и каустики.
11. Радиосигнал в неоднородной среде.

12. Лучи в линейном безграничном слое
13. Лучи в кусочно-линейном профиле
14. Лучи в параболическом (бесконечном) слое
15. Лучи в параболическом слое конечной ширины
16. Лучи при волноводном распространении
17. Теория возмущений в геометрооптических задачах.

Таблица 1. Характеристика оценочных средств для промежуточной аттестации.

Критерии	Оценка			
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.	Неудовлетв.
Знание	Всесторонние глубокие знания <b>(9 -10 баллов)</b>	Знание материала в пределах программы <b>(7 -8 баллов)</b>	Отмечены пробелы в усвоении программного материала <b>(5 -6 баллов)</b>	Не знает основное содержание дисциплины <b>(менее 5 баллов)</b>
Понимание	Полное понимание материала, приводит примеры, дополнительные вопросы не требуются <b>(7 -8 баллов)</b>	Понимает материал, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы <b>(5 -6 баллов)</b>	Суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводит, ответы на дополнительные вопросы неуверенные <b>(3 -4 баллов)</b>	С трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы <b>(менее 3 баллов)</b>
Применение проф. терминологии	Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию <b>(4 балла)</b>	Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию <b>(3 балла)</b>	Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию <b>(2 балла)</b>	Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию <b>(менее 2 баллов)</b>
Соблюдение норм литературного языка	Соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения <b>(3 балла)</b>	Соблюдает нормы литературного языка, допускает единичные ошибки <b>(2 балла)</b>	Допускает множественные речевые ошибки при изложении материала <b>(1 балл)</b>	Косноязычная речь искажает смысл ответа <b>(0 баллов)</b>



## Приложение 2. Пример экзаменационного билета и вопросы к экзамену



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Иркутский государственный  
университет»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета (директор института)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

физический  
(название факультета (института))

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1** **экзамена по дисциплине** **«Волны в неоднородных средах»**

1. Решение уравнения эйконала методом характеристик.
2. Лучи в параболическом (бесконечном) слое.

Линия разреза-----

#### **Перечень вопросов к экзамену:**

1. Уравнения Максвелла, волновое уравнение
2. Потенциалы.
3. Уравнение Гельмгольца.
4. Функция Грина и ее использование.
5. Борновское приближение в волновой задаче.
6. Однократно рассеянное поле в дальней зоне.
7. Однократное рассеяние на изотропной (изомерной) гауссовой неоднородности.
8. Рассеяние в случайно неоднородной среде.
9. Одномерная геометрическая оптика (приближение ВКБ). Нормальное падение плоской волны на плоскостлойную среду.
10. Одномерная геометрическая оптика (приближение ВКБ). Наклонное падение плоской волны на плоскостлойную среду.
11. Решение трехмерного волнового уравнения методом геометрической оптики.
12. Решение уравнения эйконала методом характеристик.
13. Лучевые уравнения.

14. Амплитуда волны в геометрическом приближении.
15. Многолучевость и каустики.
16. Радиосигнал в неоднородной среде.
17. Решение лучевых задач.
18. Лучи в плоскослоистых средах.
19. Лучи в линейном безграничном слое.
20. Лучи в кусочно-линейном профиле.
21. Лучи в параболическом (бесконечном) слое.
22. Лучи в параболическом слое конечной ширины.
23. Лучи при волноводном распространении.
24. Применение метода возмущений в геометрическом приближении теории распространения волн в неоднородных средах.
25. Средние характеристики геометрической волны в случайно неоднородной среде.
26. Статистические характеристики ионосферных остаточных ошибок двухчастотных ГНСС.
27. Метод плавных возмущений (метод Рытова).
28. Дифракционные эффекты в остаточной ионосферной ошибке.
29. Статистические характеристики остаточной ошибки.

## 1. Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине

Раздел/ Тема*	Индекс и уровень формируемой компетенции или дескриптора	ОС	Содержание задания
P1	У-2	ПК, УК	Решение уравнений Максвелла. Виды волн.
P2	В-2, 3-1		Применение Борновского приближения. Рассеяние на неоднородностях.
P2	У-2, В-2, 3-2		Моделирование рассеяния сигнала на метеорном следе.
P3	3-2		Метод характеристик.
P4	В-2, В-1		Определение характеристик сигнала в различных однородных и неоднородных средах.
P4	У-2, В-2		Статистические характеристики ионосферных остаточных ошибок двухчастотных ГНСС.
P5	3-1, 3-2		Применение метода плавных возмущений.
P5	У-2, В-2		Обработка сигналов ГНСС для устранения ионосферных ошибок.

ПК – письменный контроль, УК - устный контроль.

Назначение оценочного средства и процесса защиты отчетов о выполнении практических заданий - мониторинг эффективности подготовки студентов в ходе обучения. Показателем эффективности подготовки студента

является получение им балла, превышающего пороговое значение в 4 балла за один отчет.

Таблица 2. Параметры оценочного средства текущего контроля

Критерии оценки	Оценка		
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания <b>(7-8 баллов)</b>	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки <b>(5 -6 баллов)</b>	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки <b>(3 -4 балла)</b>
Сдача отчета	Задание выполнено и сдано в срок <b>(2 балла)</b>		Задание сдано с задержкой <b>(1 балл)</b>

Итоговая оценка за выполнение практического задания вычисляется на основании суммирования баллов по каждому критерию. Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему 9 - 10 баллов, «хорошо» выставляется студенту, набравшему 6 - 8 баллов, «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему 4 - 5 баллов.

Контроль СРС проводится во время КСР и на практических занятиях в виде бесед и письменного контроля. Показателем эффективности подготовки студента является активное участие студента в обсуждении, участие в постановке вопросов и нахождения ответов на них.

Таблица 3. Параметры оценочного средства СРС

Предел длительности контроля	1 час
Предлагаемое количество вопросов из одного контролируемого раздела	неограниченно
Критерии оценки:	
«5», если	Студент демонстрирует готовность ответить на заданные вопросы, правильно отвечает на все поставленные вопросы, активно участвует в постановке вопросов, предъявляет полный объем математических выкладок, выполненных во время СРС
«4», если	Студент не демонстрирует готовность ответить на заданные вопросы, правильно отвечает на все поставленные вопросы, не проявляет инициативу в постановке вопросов для обсуждения, предъявляет неполный объем математических выкладок, выполненных во время СРС
«3», если	Студент неохотно отвечает на поставленные вопросы, ошибается при ответе, не проявляет инициативу в постановке вопросов для обсуждения, не предъявляет результатов математических выкладок, выполненных во время СРС

## 2. Оценочные средства, обеспечивающие диагностику сформированности компетенций, заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)

Результат диагностики сформированности компетенций* ПК-1, ОПК-3	Показатели	Критерии	Соответствие/ несоответствие	Зачет
<b>Уметь:</b> (У-2) использовать новые результаты теории распространения радиоволн;	Демонстрирует умение применять метод ГО для вычисления ошибок ГНСС в двухчастотном режиме в первом приближении. Демонстрирует умение применять метод ГО для вычисления ошибок ГНСС во втором приближении. Умеет вычислять статистические характеристики ионосферных остаточных ошибок в двухчастотном режиме	Таблица 1, Таблица 2, Таблица 3		
<b>Владеть:</b> (В-2) навыками постановки и решения задач распространения волн в неоднородных средах.	Владеет методом стационарной фазы для решения волновых задач. Владеет навыками постановки и решения задачи рассеяния радиоволн на вытянутой неоднородности, метеорном следе, сплюснутой неоднородности, случайно-неоднородном следе.	Таблица 1, Таблица 2, Таблица 3		
<b>Знать:</b> (З-1) методы расчета неоднородных трасс, их ошибки и области применимости;	Знает особенности постановки задачи для описания распространения радиоволны в неоднородных средах.	Таблица 1, Таблица 2, Таблица 3		
<b>Знать:</b> (З-2) основы теории распространения радиоволн в неоднородных средах.	Знает физическую суть уравнений Максвелла, может их записать и пояснить физическую суть каждого уравнения. Знает методику вывода волновых уравнений, умеет его использовать для решения волновых задач. Знает и умеет использовать математические модели сферической и плоской ЭМВ. Показывает знания борновского приближения для описания рассеяния радиоволн. Формулирует задачу однократного рассеяния, знает ее отличие от многократного рассеяния. Знает особенности и владеет методикой вычисления	Таблица 1, Таблица 2, Таблица 3		

	<p>средней интенсивности и статистических характеристик поля волны. Знает и умеет определять границы применимости метода геометрической оптики при решении волновых задач. Знает условие применимости теории возмущений и умеет ее использовать при решении уравнения эйконала и траекторных уравнений. Знает способы вычисления статистических характеристик радиоволны в случайно-неоднородной среде.</p>			
<p><b>Уметь:</b> (У-1) использовать модели сигнала в неоднородных средах.</p>	<p>Умеет вычислять спектры радиосигналов, знает свойства этих спектров. Умеет использовать математический аппарат для описания распространения сигнала в однородной среде. Показывает умение использования математического аппарата для вывода уравнений геометрической оптики. Умеет использовать метод характеристик для решения уравнения эйконала.</p>	<p>Таблица 1, Таблица 2, Таблица 3</p>		
<p><b>Владеть:</b> (В-1) методами расчета характеристик волн в неоднородных средах.</p>	<p>Владеет методикой вычисления ионосферной остаточной ошибки для ГНСС с учетом дифракционных эффектов.</p>	<p>Таблица 1, Таблица 2, Таблица 3</p>		